



Informe de proyecto

Autores:

Alejandro **Cervigni Sebastián**

Fernando **Ayats Llamas**

Álvaro **González Villarreal**

Jae Wook **Jeong**

Francisco Javier **Lorenzo Afonso**

GRUPO 3

Madrid, mayo de 2018.
ETSI Aeronáutica y del Espacio, UPM.

PROBLEMA *WHEN ZOMBIES ATTACK!:*

Modelo *Impulsive Eradication*

INTRODUCCIÓN:

Todos alguna vez hemos fantaseado, imaginado o el que menos oído hablar de los zombis y de las consecuencias que podría tener sobre la humanidad el desarrollo de una ficción apocalíptica de tal magnitud. Los muertos vivos, fruto de la latente elucubración humana, han aparecido desde siglos en las leyendas de todo tipo de pueblos y culturas, desde la tradición oral hasta la literatura y el cine más actual. Cavilar sobre la vida y la muerte es uno de los pensamientos filosóficos más recurrentes a lo largo de la humanidad, ¿qué mejor entonces que una plaga de muertos infectos y sangrientos acabe con nosotros? No suena tan mal, ¿verdad?



En este proyecto, a través de una serie de programas, abordaremos y desarrollaremos un modelo y las consecuencias que podría tener sobre una cierta población un posible ataque zombi. Para ello utilizaremos una serie de ecuaciones y variables desarrolladas por Philip Munz, Ioan Hudea, Joe Imad y Robert J. Smith en el estudio "*When zombies attack!: Mathematical modelling of an outbreak of zombie infection*" ("*Cuando los zombis atacan: Modelo matemático de un brote de infección zombi*") con las que nos podremos hacer una idea de lo que presuntamente podría ocurrir si se diera una situación parecida.

Modelo

La **versión** que hemos elegido es el modelo avanzado *Impulsive Eradication* que a parte de incluir el tipo básico, presenta ciertas variaciones en lo que al desarrollo de la invasión zombi se refiere.

Las ecuaciones utilizadas son:

$$\begin{array}{ll} S' &= \Pi - \beta SZ - \delta S & t \neq t_n \\ Z' &= \beta SZ + \zeta R - \alpha SZ & t \neq t_n \\ R' &= \delta S + \alpha SZ - \zeta R & t \neq t_n \\ \Delta Z &= -knZ & t = t_n \end{array}$$

Donde **S'** es la ecuación de *población susceptible* de ser convertida en zombie; **Z'** la de la evolución de la *población zombie* y **R'** la ecuación de los *eliminados*.

El resto de letras son: **Π** la tasa de natalidad; **β** los humanos transformados por zombis; **δ** los humanos muertos por otras causas; **ζ** los eliminados revividos; **α** los zombis muertos por humanos; **ΔZ**, el número de zombis muertos en cada ataque; **n** el número de ataques requeridos y **k** el porcentaje de zombis que mueren en cada ataque.

¿En qué consiste el modelo?

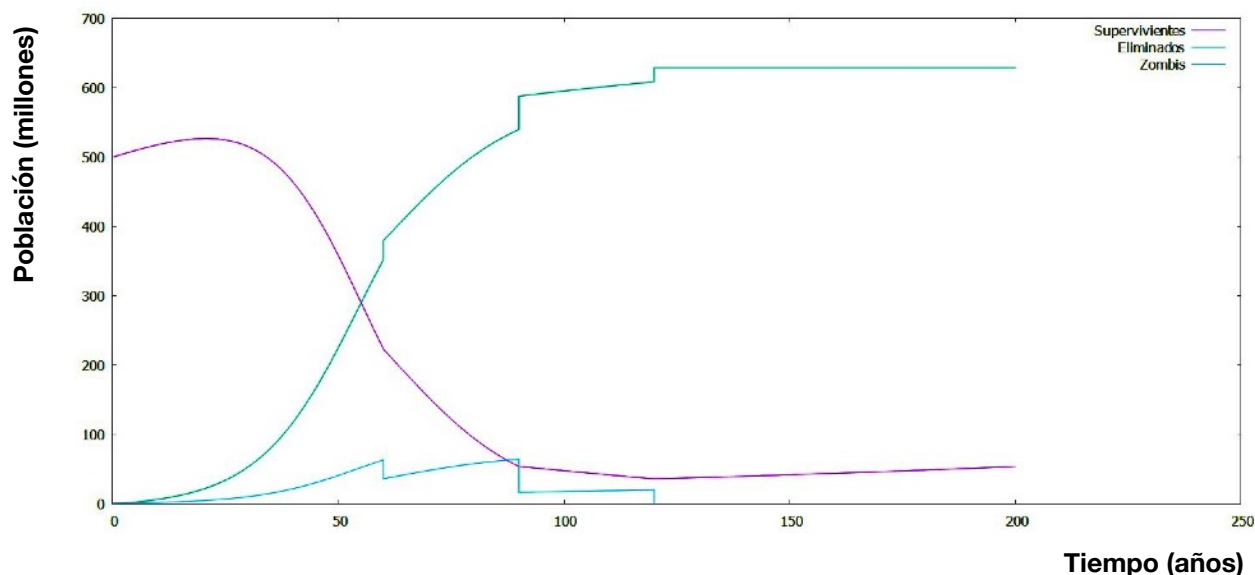
En este en concreto, la humanidad intenta erradicar a los zombies por medio de ataques programados previamente. No obstante, para aportarle un mayor atractivo decidimos añadir una tasa de nacimientos (plantada con valor 0 a corto plazo en el pdf original) debido a que en un corto periodo de tiempo, el genero humano es incapaz de derrotar a los zombies. Por ello decidimos plantear, contrariamente al modelo original, una estrategia a largo plazo con una tasa de natalidad que además dependa del numero de supervivientes, lo que es lógico y le aporta mucho más realismo.

Así mismo, hicimos que la constante k que va multiplicada al valor de zombies caídos en ataque, dependa de los supervivientes que haya (a mayor población humana viva, mayor será el ataque que ejecuten contra los zombies). Todo ello se traduce en que:

$$k(S) = k \cdot S^{(0,1)}$$

Resultados

Para resolver el sistema de ecuaciones hemos empleado *Euler implícito* y los resultados obtenidos son los siguientes:



La gráfica superior muestra los resultados obtenidos con la **configuración base por defecto*** que tiene el programa Fortran adjunto a este informe. La línea **morada** representa la **población humana**, la **azul** la **población zombi** y la **verdosa** los **eliminados** de ambos bandos.

Como podemos observar, en un primer momento la población humana ronda los 500 millones (presentando incluso un ligero aumento en los primeros años producto de la tasa de natalidad), mientras que la zombi se podría decir que parte de 0.

A medida que transcurren los años y como resultado del crecimiento de la población zombi a causa de las bajas humanas que provocan, en la gráfica se puede ver reflejado claramente cómo la sociedad inicia un declive más que notable con origen en torno al año 40 de referencia. Todo esto desemboca un aumento del censo zombi, que alcanza el equilibrio poblacional con las personas a finales de la década de los ochenta.

Podemos observar también de forma muy notoria los años en los que las personas realizan los ataques masivos; en torno a los años 60, 90 y 120. Es destacable como esto también se ve reflejado en la línea de población eliminada, que asciende relevantemente en dichos periodos. Es en estos momentos donde los zombis descienden drásticamente en un tiempo prácticamente insignificante, llegando a su exterminio en la segunda década del segundo siglo.

Cabe destacar que es un factor clave para la sociedad humana el hecho de tener un desarrollo notable en la medicina pues todos aquellos que mueren por causas naturales se convierten igualmente en zombis.

Finalmente, a partir de que se erradica la especie zombie, la demografía humana recupera su virtuosismo y comienza de nuevo un auge de crecimiento que concluirá pasados varios siglos con el retorno al estado original en el que se encontraba.

***Configuración base por defecto:**

- Población inicial de humanos: 500
- Población inicial de zombis: 1
- Valor inicial de población eliminada: 0

α (Ratio de muerte de zombis eliminados por humanos): 8.5d-3 (8.5d-3 0.0085)

β (Ratio de transmisión de humano a zombi): 1.0006d-2 (0.010006)

δ (Ratio de muerte humana por otras causas): 1.0d-4 (0.0001)

ζ (Ratio de resurrección de muerto a zombi): 0

Π (Ratio de nacimientos. 0 a corto plazo): 0.5d-1 (0.05)

k (% de zombis muerto en cada ataque): 2.5d-1 (0.25)

